

## Research Article

**PEMEKATAN HIDROLISAT DEDAK SORGUM (*Sorghum bicolor* L Moench) B-100 HASIL HIDROLISIS KULTUR *Rhizopus* C<sub>1</sub> MELALUI ULTRAFILTRASI SEL BERPENGADUK UNTUK ANTI KOLESTEROL**

A. Susilowati, Aspiyanto, Y. M. Iskandar

**ABSTRAK:** Telah dilakukan pemekatan hidrolisat dedak sorgum (*Sorghum bicolor* L Moench) B-100 hasil hidrolisis kultur *Rhizopus* C<sub>1</sub> melalui ultrafiltrasi (UF) sel berpengaduk untuk memperoleh SDF/soluble dietary fiber sebagai anti kolesterol. Ultrafiltrasi dilakukan pada tekanan 30 dan 40 psia dengan kecepatan putar pengaduk yaitu 200, 300 dan 400 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi operasi pemekatan berpengaruh terhadap fluks permeat dan komposisi retentat & permeat. Perlakuan optimal berdasarkan SDF tertinggi dicapai pada tekanan 40 psia dengan kecepatan putar 300 rpm yang menghasilkan konsentrat dengan komposisi SDF 2,1575% (b.k), total padatan 1,8017 %, protein terlarut 0,0492 mg/mL, total protein 1,432 (b.k), tanin 0,043 % dan gula reduksi 1,744 mg/mL pada fluks 1,5 mL/cm<sup>2</sup>. menit.

Kata kunci: SDF, dedak sorgum, ultrafiltrasi, hidrolisis, retentat.

**PENDAHULUAN**

Pemekatan serat larut air/SDF pada hidrolisat dedak sorgum yang diperoleh melalui hidrolisis bertahap dengan enzim  $\alpha$ -Amylase (hidrolisis amylolitik) dan kultur *Rhizopus* C<sub>1</sub> (hidrolisis proteolitik) dilakukan untuk memperoleh konsentrat/pekatan dedak sorgum dengan serat larut air murni yang berpotensi sebagai pangan fungsional untuk anti kolesterol (Linder, 2002). Penggunaan *Rhizopus oligosporus* sebagai kultur *Rhizopus* C<sub>1</sub> disebabkan potensinya sebagai sumber enzim protease, selain kemudahan perolehannya sebagai inokulum tempe (Yetti, 2002). Enzim  $\alpha$ -Amylase dan protease masing-masing akan mendegradasi karbohidrat dan protein dedak sorgum sehingga lebih sedikit kontribusinya terhadap serat pangan. Telah diketahui bahwa serat pangan merupakan komponen yang tak tercerna/terhidrolisis oleh enzim pencernaan (protease, amylase, lipase) (Anonymous, 2001), sehingga dengan hidrolisis ini akan dapat dipisahkan sebagai presipitat melalui pengendapan dengan etanol. Dedak sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) B-100 adalah epicarp, yaitu pericarp yang diperoleh melalui proses penggilingan bertahap pada bulir sorgum B-100 (Saba *et al.*, 1972) yang diyakini sebagai selulosa dan hemiselulosa (Anonim, 2003) dan berperan sebagai serat pangan baik serat larut air (SDF) maupun serat tak larut air (IDF). Sorgum B-100 adalah sorgum hasil proses pemuliaan benih sorgum melalui radiasi benih (*seeds*) atau embrio (*plantlets*) dengan sinar Gamma bersumber Cobalt-60 yang terpasang pada alat Gamma Chamber model 4000A (Human, 2006). Proses ini dilakukan untuk memperoleh varietas sorgum yang tahan terhadap kekeringan dan komposisi sebagai pangan pilihan.

Proses pemekatan serat dedak sorgum melalui

membran ultrafiltrasi (UF) sel berpengaduk menggunakan membran ultrafiltrasi 100000 MWCO akan memekatkan SDF berdasarkan kemampuan membran semipermeabel yang dapat membedakan partikel atau zat yang dilewatkan berdasarkan berat molekul (Cheryan, 1992). Serat larut air/SDF dedak sorgum diyakini sebagai hemiselulosa yang terdapat dalam empat kelompok berdasarkan komposisi rantai utamanya yaitu (1) D-xylan yaitu 1-4, xylosa; (2) D-mannan yaitu (1-4)-D-mannosa; (3) D-xyloglucan dan (4) D-galactans yaitu 1-3-D-galaktosa (Anonim, 2003), sedangkan selulosa merupakan polimer dari glukosa berantai lurus dengan ikatan (1-4) glikosidik dengan jumlah glukosa sampai 10.000 unit.

Melalui UF, selulosa sebagai TDF dimungkinkan akan tertahan sebagai retentat pada permukaan membrane sedangkan komponen/senyawa-senyawa berberat molekul <100000 Da akan lolos sebagai permeat. Dalam sistem ultrafiltrasi, untuk memisahkan molekul berdasarkan berat molekul, maka larutan bertekanan dilewatkan pada suatu permukaan membran yang mempunyai ukuran pori tertentu, sesuai dengan besar molekul zat yang akan dipisahkan. Senyawa dengan berat molekul yang berukuran lebih besar dari ukuran pori membran akan tertahan sebagai retentat, sedangkan senyawa dengan berat molekul lebih kecil dari pori membran akan lolos dan disebut permeat, sehingga proses pemisahan molekul dapat dilakukan (Michael, 1989; Fellows, 1992). Senyawa-senyawa pada dedak sorgum dengan BM <100000 Da diantaranya adalah pigmen warna sorgum (anthocyanine), polifenol/tannin asam-asam organik, asam-asam amino, vitamin dan mineral dengan kisaran berat molekul <30000 MWCO akan lolos sebagai permeat (Mulder, 1996). Pemisahan SDF dari hidrolisat dedak sorgum melalui membran ultrafiltrasi sel berpengaduk 100000 MWCO pada skala laboratorium (volume  $\pm$  180 ml) yang dioperasikan dengan mengalirkan gas nitrogen dari tabung nitrogen pada tekanan  $\pm$  30 dan 40 psia dengan kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm

Dikirim 9/7/2012, diterima 3/8/2012. Penulis A. Susilowati dan Aspiyanto adalah dari Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Serpong dan penulis Y. M. Iskandar adalah dari Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Jl. Cisitu-Sangkuriang, Bandung. Kontak langsung melalui email: A. Susilowati ([agustine\\_1408@yahoo.co.id](mailto:agustine_1408@yahoo.co.id)).

dilakukan sebagai gambaran dalam isolasi dan ekstraksi serat larut air dimana kondisi proses optimalnya menjadi acuan dalam proses pemisahan pada skala yang lebih besar (modul).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses pemekatan hidrolisat dedak sorgum dalam etanol terhadap komposisi pekatan (concentrate) dan ekstrak (permeate) terhadap SDF, tanin, protein terlarut, total protein, gula reduksi, tanin dan total padatan melalui UF sel berpengaduk menggunakan membran ultrafiltrasi 100000 MWCO pada kecepatan putar dan tekanan proses yang berbeda dari hidrolisat hasil hidrolisis dedak sorgum menggunakan kultur *Rhizopus* C<sub>1</sub> pada suhu 60°C, pH 5 selama 60 menit.

## MATERI DAN METODE

### Materi

Bahan utama dalam penelitian ini berupa dedak sorgum dari bulir sorgum B-100 yang diperoleh dari PATIR-BATAN, enzim  $\alpha$ -Amylase (Thermamyl 60 L) dari NOVO, kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub> dalam media PDA dari Pusat Penelitian Kimia- LIPI, membran UF 100000 MWCO komersial buatan Danish Separation Systems AS, Nakskov-Denmark, bahan kimia dan bahan mikrobiologi (PDA) untuk proses dan analisis. Peralatan proses yang digunakan berupa peralatan hidrolisis skala laboratorium, seperti water bath dilengkapi dengan shaker, autoclave, sistem laminar flow, homogenizer, sistem ultrafiltrasi sel berpengaduk (Amicon), vibrator dan peralatan gelas untuk analisis kimia dan mikrobiologi.

### Metode

Penelitian dilakukan dengan bahan baku berupa hidrolisat dedak sorgum, hasil proses hidrolisis secara bertahap menggunakan enzim komersial  $\alpha$ -Amylase (Thermamyl 60 L) dan kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub>. Perolehan hidrolisat merupakan umpan/feed dalam proses pemekatan serat larut air (SDF) melalui sistem ultrafiltrasi sel berpengaduk pada dengan variasi perlakuan kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm pada tekanan 30 dan 40 psia, suhu ruang, menggunakan membran ultrafiltrasi (UF) 100000 MWCO (Anonim, 2002). Analisis dilakukan terhadap total serat/TDF, SDF dan IDF (metode Gravimetri), total protein (metode Kjeldahl), protein terlarut (metode Lowry), gula pereduksi (metode Somogyi-Nelson), total padatan (metode Gravimetri) (Anonymous, 1995) dan tanin (metode Folin-Denise) (Liu, S, 2006).

### Tahapan proses

#### 1. Hidrolisis amylolitik, hidrolisis proteolitik

Sejumlah dedak sorgum dilakukan pelarutan dalam air pada erlemeyer bervolume 10000 mL dan pengaturan pH (5,5), dan dipanaskan pada suhu 90 – 95 °C sambil dilakukan pembubuhan enzim  $\alpha$ -Amylase sebanyak 0,45 % (v/b pati kering dedak sorgum). Proses hidrolisis dilakukan dengan homogenisasi pada kecepatan putar 4000 rpm selama 2 jam diikuti pemanasan dalam autoclave pada suhu 121°C selama

15 menit dan inaktivasi enzim 70 °C dan pH 4 selama 15 menit sehingga diperoleh *liquisat* (Susilowati, A, dkk, 2010). Sejumlah *liquisat* dibubuhi dengan kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub> pada konsentrasi 0,2 % (v/b protein *liquisat*) dan dilakukan pengaturan pH (5,0), selanjutnya dipanaskan pada suhu 60 °C selama 60 menit disertai homogenisasi 4000 rpm. Perolehan hidrolisat merupakan suspensi serat pangan yang akan diendapkan oleh etanol. Kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub> diperoleh dari pertumbuhannya pada media PDA yang dilarutkan dalam 10 mL aquadest steril, dikocok sampai homogen menggunakan vibrator.

#### 2. Proses presipitasi serat terlarut (SDF/Soluble Dietary Fibre)

Konsentrat dan permeate hasil pemisahan hidrolisat melalui membran sel ultrafiltrasi berpengaduk selanjutnya dilarutkan pada 4 volume etanol 95%, disaring, dicuci dengan etanol 78% sebanyak 3x, etanol 95% sebanyak 2x dan aseton sebanyak 2x (Porsky, *et al*, 1998). Komponen yang tercuci selanjutnya dikeringkan selama 2-3 jam pada suhu 105 °C dan serbuk kering yang terbentuk merupakan serat terlarut (SDF) murni. Dalam analisa ini diketahui bahwa permeate melalui pelarutan dengan etanol 95% tidak menghasilkan presipitat sehingga disimpulkan bahwa hanya pada retentat terdapat serat terlarut (SDF) (Susilowati, A. *et al.*, 2010). Perolehan suspensi hidrolisat dalam etanol ini merupakan umpan/feed dalam pemekatan serat larut air (SDF) melalui UF sel berpengaduk.

#### 3. Proses pemekatan serat larut air (SDF/Soluble Dietary Fibre) melalui ultrafiltrasi (UF) sel berpengaduk

Sistem UF berupa sel berpengaduk berkapasitas 180 mL diisi dengan umpan/feed yaitu hidrolisat dedak sorgum yang telah dibubuhi dengan etanol sebagai pengendap serat pangan (presipitat dedak sorgum), kemudian suspensi diaduk dengan kecepatan putar pengaduk 200 rpm dan tekanan 30 psia selama  $\pm$  30 menit dengan mengalirkan gas nitrogen dari tabung nitrogen. Permeate yang lolos ditampung dan dicatat volumenya demikian juga konsentrat yang tersisa dalam wadah untuk selanjutnya dilakukan analisis. Pada akhir proses, membran dalam sel berpengaduk dibilas dengan aquadest dan fluks air melalui membran dicatat pada kondisi tekanan sama selama pemisahan suspensi (Anonim, 2002). Percobaan yang sama dilakukan terhadap hidrolisat dedak sorgum yang lain pada perlakuan proses sesuai rancangan penelitian.

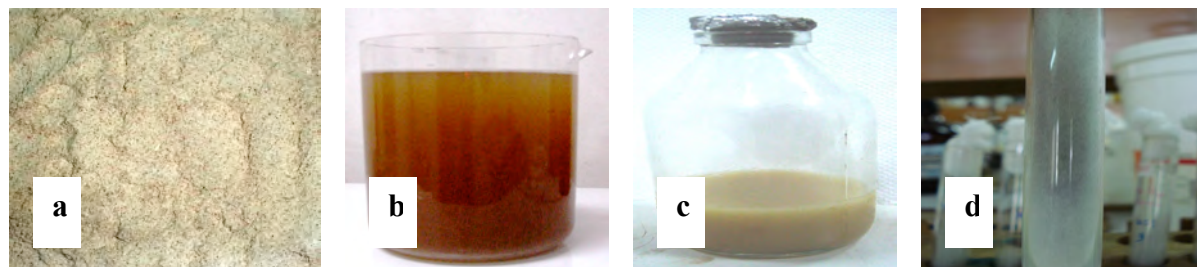
## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Karakteristik dedak, *liquisat* dan hidrolisat dedak sorgum B-100 dalam etanol sebagai feed (umpan)

Hidrolisat dedak sorgum yang dihasilkan pada proses hidrolisis dedak sorgum B-100 secara bertahap melalui hidrolisis amylolitik menggunakan enzim komersial  $\alpha$ -Amylase (Thermamyl 60 L, NOVO) berupa *liquisat* yaitu cairan coklat, sedikit kental. Perolehan *liquisat* selanjutnya dihidrolisis kembali menggunakan kultur *Rizopus* C<sub>1</sub> (0,2% v/b protein kering *liquisat*) sebagai sumber enzim protease

kasar pada suhu 60°C selama 60 menit, pH 5,0 menghasilkan suspensi yang lebih encer dari pada liquisat, berwarna coklat berasa manis yang menunjukkan terjadinya pembentukan monosakarida oleh aktifitas  $\alpha$ -Amylase baik oleh Thermamyl 60 L maupun dari kultur *Rizopus* C<sub>1</sub>. Perolehan hidrolisat ini selanjutnya diendapkan dengan etanol 30% sehingga

diperoleh suspensi keruh, cukup kental sebagai feed dalam pemekatan serat larut air (SDF). Dedak sorgum, liquisat, suspensi hidrolisat dalam etanol dan kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub> pada media PDA ditunjukkan pada Gambar 2a, 2b, 2c dan 2d. Komposisi dedak, liquisat, hidrolisat dedak sorgum dalam etanol ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Dedak sorgum (a), liquisat hasil hidrolisis amylolitik dedak sorgum (b), hidrolisat hasil hidrolisis liquisat menggunakan kultur *Rizopus* C<sub>1</sub> dalam etanol (c) dan kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub> pada media PDA (d).

Tabel 1. Karakteristik dedak, liquisat dan hidrolisat dedak sorgum (*Sorghum bicolor* L Moench) B-100.

Jenis Komponen	Jenis bahan		
	Dedak	Liquisat	Hidrolisat dedak sorgum dalam etanol (umpan/ feed)
Karbohidrat sebagai gula reduksi (mg/mL).	9,98	25,32	1,452
Total Serat /TDF (% berat kering).	11,664	12,978	10,559
Total Padatan (%).	85,06	10,47	1,4579
Total Protein (% berat kering).	2,19	2,988	1,3349
Protein Terlarut (mg/mL).	5,104	0,59	0,04149
Tanin (% berat kering).	1,14	0,015	0,0514
SDF (% berat kering)	0,73	0,9	0,8519

Dari Tabel 1 diketahui bahwa perbedaan utama terdapat pada total padatan, dimana sebagai dedak sebesar 85,06%, setelah dihidrolisis dengan enzim  $\alpha$ -Amylase menjadi 10,47% dan sebagai hidrolisat (umpan) sebesar 1,4579%. Hal ini disebabkan oleh aktifitas amylolitik dan proteolitik yang menyebabkan terjadinya pelarutan komponen-komponen dedak sorgum terutama karbohidrat dan protein yang akan menghasilkan karbohidrat terlarut berupa monosakarida dan karbohidrat tak terlarut berupa selulosa dan hemiselulosa yang pada keseluruhannya sebagai total padatan. Hidrolisis juga menyebabkan menghasilkan perbedaan kandungan tanin dimana diperoleh pada dedak sebesar 1,14%, menurun menjadi sebesar 0,015% (liquisat) dan selanjutnya terjadi peningkatan menjadi sebesar 0,0514% (hidrolisat). Fluktuabilitas tanin ini diduga disebabkan terjadinya perubahan selama hidrolisis yang disebabkan oleh interaksi suhu, pH dan waktu hidrolisis terhadap senyawa fenol.

Tanin merupakan komponen yang tak dikehendaki oleh karena merupakan inhibitor pada aktifitas amylolitik dan proteolitik enzim pencernaan. Gula pereduksi dihasilkan sebesar 25,32 mg/mL dari dedak sorgum sebesar 9,98 mg/mL yang menunjukkan aktifitas amylolitik enzim  $\alpha$ -Amylase dalam memotong ikatan 1,4 glikosida pati namun tidak dapat memecah ikatan  $\alpha$ -1,6-glikosidik sehingga hasil dari pemecahan pati berupa dekstrin yang masih banyak

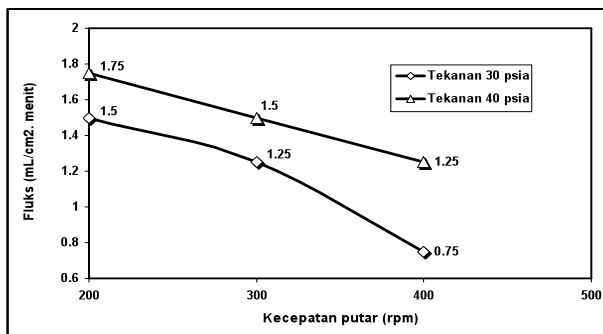
mengandung ikatan  $\alpha$ -1,6-glikosidik (percabangan pada amilopektin) (Kulp, K, 1975.). Setelah dihidrolisis oleh kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub> dan diendapkan dengan etanol, gula reduksi menjadi sebesar 1,452 mg/mL yang menunjukkan terjadinya presipitasi serat pangan sebagai komponen yang tak terhidrolisis oleh enzim  $\alpha$ -Amylase sehingga hanya sedikit yang tersisa dalam presipitat. Kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub> berupa kapang berspora dengan warna putih seperti kapas dalam media PDA. Hal yang sama juga tampak pada kandungan total protein, dimana terjadi penurunan total protein menjadi 1,3349% (b.k) dari liquisat sebesar 2,988% (b.k) setelah pengendapan dengan etanol. Gambar 2 memperlihatkan dedak sorgum, liquisat dan kultur *Rhizopus*-C<sub>1</sub> pada media PDA.

Pada keseluruhannya, komponen tak terhidrolisis oleh aktifitas amylolitik maupun proteolitik sebagai total serat (TDF) memperlihatkan perbedaan yang cukup besar dimana sebagai dedak (11,664%) meningkat menjadi 12,978% oleh proses hidrolisis  $\alpha$ -Amylase, dan selanjutnya menjadi 10,559% sebagai liquisat. TDF dari berbagai bahan tersebut menghasilkan pemisahannya sebagai SDF berturut-turut sebesar 0,73, 0,9 dan 1,316% dan sisanya adalah IDF (Insoluble Dietary Fiber). Dengan proses pemekatan melalui UF dimungkinkan akan diperoleh SDF yang lebih tinggi sehingga pemanfaatannya sebagai pangan fungsional untuk anti kolesterol akan lebih optimal.

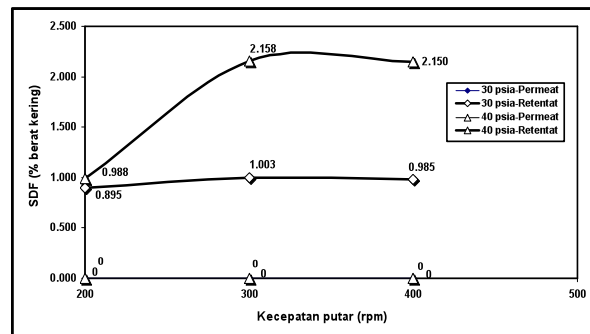
## 2. Pengaruh kondisi proses pemekatan terhadap kinerja membran

Fluks adalah jumlah permeat yang keluar per satuan luas membran per satuan waktu yang dapat dijelaskan sebagai  $J = I/(A \times t)$ , dimana J adalah Fluks; I adalah jumlah filtrat yang keluar, A adalah satuan luas dan t adalah waktu. Fluks bahan menjadi parameter kinerja membran (Cheryan, M, 1992) yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah tekanan proses, kecepatan putar pengaduk, waktu proses dan jenis bahan (Mulder, M. H. V, 1996) dimana konsentrasi total padatan akan berpengaruh terhadap viskositas secara keseluruhan. Total padatan didominasi komponen polisakarida berupa selulosa/hemiselulosa dengan perkiraan BM > 20.000-2.000.000 Da (Anonim, 2003). Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara laju pemekatan dengan fluks permeat yang semakin menurun sejalan dengan semakin tingginya kecepatan putar pengaduk. Secara keseluruhan tekanan proses 40 psia menghasilkan fluks permeat yang lebih tinggi

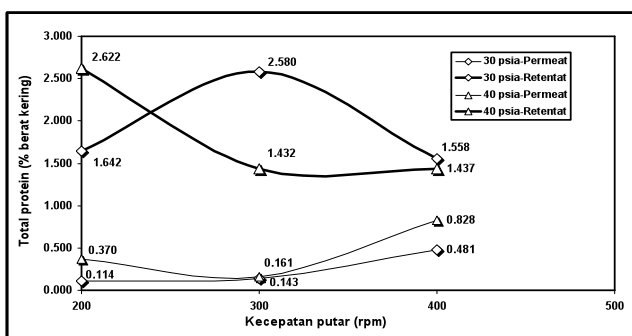
dari pada 30 psia pada seluruh perlakuan kecepatan putar. Sistem ultrafiltrasi pada kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm, menghasilkan fluks berturut-turut sebesar 1,5, 1,25 dan 0,75 mL/cm<sup>2</sup>.menit pada tekanan proses 30 psia dan berturut-turut sebesar 1,75, 1,5 dan 1,25 mL/cm<sup>2</sup>.menit pada tekanan proses 40 psia. Perbedaan fluks permeat pada kedua tekanan ini dimungkinkan oleh terjadinya perbedaan gaya dorong yang menyebabkan sistem akan semakin memadatkan partikel bahan secara centrifugal. Telah diketahui, sistem sel berpengaduk merupakan sistem dead-end atau sistem sentrifugasi berdasarkan kecepatan rotasi (Michael, A. S, 1989; Raja Ghosh, 2003). Dengan kecepatan putar yang lebih rendah, partikel bahan akan lebih mudah lolos dibandingkan dengan kecepatan putar yang lebih tinggi, namun dengan kecepatan putar pengaduk yang lebih tinggi akan semakin memadatkan partikel bahan sehingga pada keseluruhannya akan menurunkan jumlah permat atau nilai fluks.



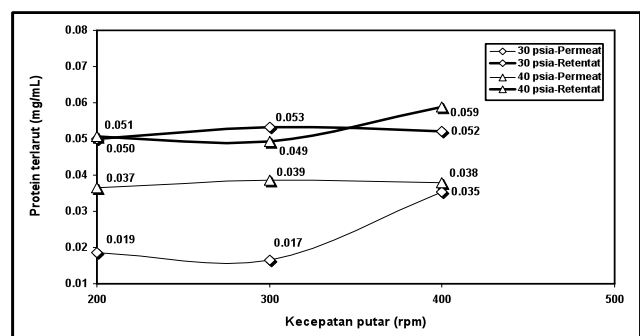
Gambar 3. Hubungan kecepatan putar dengan tekanan proses terhadap fluks permeat dalam pemekatan hidrolisat dedak sorgum hasil hidrolisis menggunakan kultur *Rhizopus* C<sub>1</sub> melalui ultrafiltrasi sel berpengaduk.



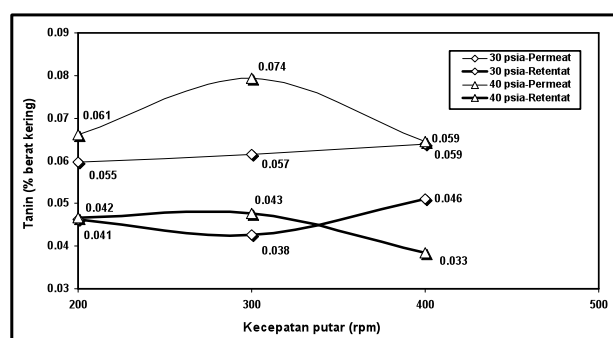
Gambar 4. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan tekanan proses terhadap perolehan serat larut air (SDF) dalam pemekatan hidrolisat dedak sorgum hasil hidrolisis menggunakan *Rhizopus* C<sub>1</sub> melalui ultrafiltrasi sel berpengaduk.



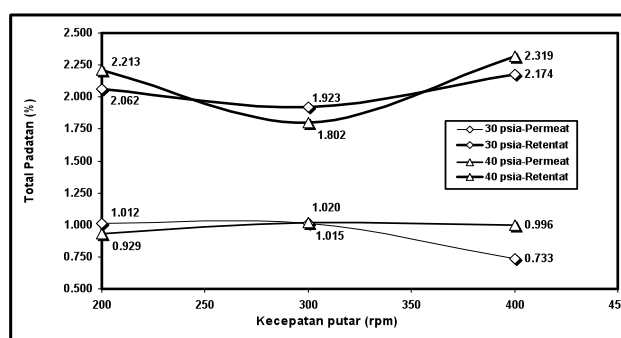
Gambar 5. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan tekanan proses terhadap perolehan total protein dalam pemekatan hidrolisat dedak sorgum hasil hidrolisis menggunakan *Rhizopus* C<sub>1</sub> melalui ultrafiltrasi sel berpengaduk.



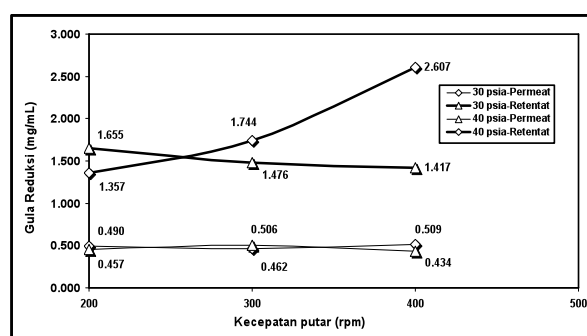
Gambar 6. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan tekanan proses terhadap perolehan protein terlarut dalam pemekatan hidrolisat dedak sorgum hasil hidrolisis menggunakan *Rhizopus* C<sub>1</sub> melalui ultrafiltrasi sel berpengaduk.



Gambar 7. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan tekanan proses terhadap tanin dalam pemekatan hidrolisat dedak sorgum hasil hidrolisis menggunakan *Rhizopus C<sub>1</sub>* melalui ultrafiltrasi sel berpengaduk.



Gambar 8. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan tekanan proses terhadap total padatan dalam pemekatan hidrolisat dedak sorgum hasil hidrolisis menggunakan *Rhizopus C<sub>1</sub>* melalui ultrafiltrasi sel berpengaduk.



Gambar 9. Hubungan antara kecepatan putar pengaduk dan tekanan proses terhadap perolehan gula reduksi dalam pemekatan hidrolisat dedak sorgum hasil hidrolisis menggunakan *Rhizopus C<sub>1</sub>* melalui ultrafiltrasi sel berpengaduk.

### 3. Pengaruh kondisi proses pemekatan terhadap komposisi konsentrat/retentat dan permeat

#### Serat larut air (SDF)

Serat larut air diduga merupakan hemiselulosa yang mengisi rongga-rongga selulosa sebagai D-xylan yaitu 1-4  $\beta$  xylosa, D-manan yaitu(1-4)  $\beta$ -D-mannosa, D-xyloglukan dan D-galactans yaitu 1-3  $\beta$ -D-galaktosa (Anonim, 2003) yang masing-masing komponen ini memiliki perbedaan berat molekul dan ukuran partikel, sehingga oleh interaksinya dengan kondisi operasi pemekatan (kecepatan putar, tekanan) menghasilkan optimisasi pemisahan serat terlarut yang berbeda. Proses pada kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm pada tekanan 30 psia menghasilkan retentat dengan SDF berturut-turut sebesar 0,895, 1,003 dan 0,985% (b.k), sedangkan dengan tekanan 40 psia berturut-turut sebesar 0,988, 2,158 dan 2,15% (b.k). Sistem UF mampu menahan SDF seluruhnya pada retentat, sedangkan pada permeat tidak terdeteksi adanya SDF yang ditunjukkan dengan tidak terbentuknya presipitat pada penambahan etanol seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Diduga, permeat hanya mengandung komponen-komponen organik, mineral dan lain-lain dengan berat molekul < 100000 MWCO. Tekanan 40 psia menghasilkan retentat dengan SDF yang lebih tinggi dari tekanan 30 psia, diduga hal ini disebabkan oleh besarnya gaya dorong pada sistem membran sehingga lebih

memadatkan SDF pada permukaan membran. Optimisasi pemekatan SDF dicapai sebesar 2,158% (b.k) pada kecepatan putar 300 rpm, tekanan 40 psia, dengan kata lain sistem ultrafiltrasi mampu meningkatkan SDF sebesar 60,52% dari feed (0,8519% berat kering) menjadi 2,158% (b.k).

#### Kadar Total Protein (% berat kering)

Total protein hidrolisat dedak sorgum dalam etanol berkaitan dengan bahan awal sebelum proses hidrolisis berlangsung. Diketahui, sorgum B-100 tanpa sosoh memiliki kandungan total protein cukup tinggi (10-12%) dan pada dedak jumlah ini menurun menjadi 2,19% (Susilowati, dkk, 2010). Pada konsentrasi ini dimungkinkan akan berkontribusi pada total serat (Porsky, *et al*, 1998) sehingga perlakuan hidrolisis perlu dilakukan untuk memperoleh serat murni. Proses pada kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm pada tekanan 30 psia menghasilkan retentat dengan total protein berturut-turut sebesar 1,642, 2,58 dan 1,558% (b.k), dan yang lolos pada permeat berturut-turut sebesar 0,114, 0,143 dan 0,481% (b.k). Perlakuan proses dengan tekanan 40 psia dengan kecepatan putar yang sama menghasilkan total protein dalam retentat berturut-turut sebesar 2,622, 1,432 dan 1,437% (b.k) dan lolos dalam permeat berturut-turut sebesar 0,37, 0,161 dan 0,827% (b.k). Protein dimungkinkan tertahan pada permukaan membran oleh karena memiliki ukuran dengan kisaran antara 0,002 – 0,01  $\mu$ m dan berat molekul antara 10.000 – 1.000.000 Dalton (Karos, W.J, *et al*, 1996; Paulson, D.J, 1996) sehingga secara keseluruhan proses tampak bahwa dengan kedua tekanan tersebut, total protein tertahan lebih banyak pada retentat dari pada lolos dalam permeat seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Meskipun demikian, tampak bahwa laju pemekatan cenderung berlangsung berbeda dimana perlakuan tekanan proses 30 psia menunjukkan optimisasi total protein (2,58 % berat kering) retentat pada kecepatan putar 300 rpm, selanjutnya menurun pada kecepatan putar 400 rpm. Sedangkan perlakuan pada tekanan 40 psia, dengan semakin meningkatnya kecepatan putar akan menurunkan total protein retentat. Diduga, dengan tekanan proses lebih tinggi akan lebih besar gaya dorong pada suspensi sehingga sebagian protein akan lolos pada permeat oleh karena

bahan berupa hidrolisat sehingga lebih banyak berupa peptida atau asam-asam amino yang memiliki BM rendah (<100000 MWCO) meskipun sejumlah protein memiliki ukuran dengan kisaran antara 0,002 – 0,01  $\mu\text{m}$  dan berat molekul antara 10.000 – 1.000.000 Dalton (Karos, W.J, *et all*, 1996; Paulson, D.J, 1996) sehingga dimungkinkan tertahan pada permukaan membran. Hal ini terlihat pada permeat, dimana konsentrasinya meningkat sejalan dengan meningkatnya kecepatan putar pengaduk. Dari proses pemekatan/pemisahan ini diketahui total protein tertinggi dalam retentat (2,622% berat kering) sehingga tidak berkontribusi terhadap total serat.

#### Kadar protein terlarut (mg/mL)

Sistem ultrafiltrasi menghasilkan protein terlarut yang tertahan lebih banyak pada permukaan membran sebagai retentat dari pada lolos sebagai permeat pada seluruh perlakuan proses seperti diunjukkan pada Gambar 6.

Protein terlarut merupakan asam-asam amino dan peptida hasil hidrolisis dedak sorgum oleh aktifitas proteolitik *Rhizopus* C<sub>1</sub>. Proses hidrolisis memungkinkan terjadinya reaksi maillard antara gula pereduksi dan asam-asam amino masing-masing dari karbohidrat dan protein yang menghasilkan sejumlah peptida terlarut sebagai senyawa-senyawa karbonil diantaranya adalah pigmen warna melanoidin (Nagodawithana, T, 1994) yang memberi warna coklat pada hidrolisat. Proses pada kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm pada tekanan 30 psia menghasilkan retentat dengan protein terlarut berturut-turut sebesar 0,051, 0,053 dan 0,059 mg/mL sedangkan total protein yang lolos pada permeat berturut-turut sebesar 0,018, 0,016 dan 0,035 mg/mL. Perlakuan proses dengan tekanan 40 psia dengan kecepatan putar yang sama menghasilkan total protein dalam retentat berturut-turut sebesar 0,051, 0,049 dan 0,059 mg/mL dan lolos dalam permeat berturut-turut sebesar 0,037, 0,039 dan 0,038 mg/mL. Dengan berat molekul rendah (ukuran partikel berkisar antara 0,01-0,1  $\mu\text{m}$ ) (Anonim, 2005), seharusnya peptida-peptida ini akan lolos pada permeat, diduga hal ini disebabkan oleh interaksi antara tekanan proses, kecepatan putar dan faktor intrinsik komponen diantaranya adalah jenis bahan, sifat kelarutan, berat molekul dan interaksinya dengan komponen yang lain. Dugaan yang lain adalah terjadinya 'fouling', yaitu terbentuknya 'cake' oleh memadatnya partikel komponen pada permukaan membran yang menghalangi difusi solut peptida untuk lolos melalui membran (Mulder, M. H. V, 1996) meskipun peptida berberat molekul rendah bahkan berukuran partikel < 0,01  $\mu\text{m}$ . Protein terlarut dalam hidrolisat merupakan komponen yang berperan dalam kontribusi serat larut air dimana seharusnya terdapat dalam konsentrasi rendah sehingga tidak berkontribusi pada perhitungan total serat, meskipun demikian dengan kisaran konsentrasi ini (<1%) tidak berpengaruh dalam ekstraksi serat pangan melalui pengendapan dengan etanol (Porsky, *et all*, 1998).

#### Kandungan tanin (% berat kering)

Tanin dalam sorgum merupakan komponen yang menjadi kendala dalam fungsinya sebagai sumber karbohidrat dan protein bagi kesehatan oleh karena komponen ini dapat menghambat aktifitas enzim amylase dan protease sehingga penyerapan karbohidrat dan protein terhambat. Untuk kebutuhan gizi, kandungan tannin yang aman dalam sorgum untuk dikonsumsi berkisar antara 0,3-3% (Anglani, 1998). Dilain hal, komponen ini juga dapat menghambat terjadinya penyakit diabetes dan obesitas oleh karena kemampuan menghambat penyerapan karbohidrat, lemak dan protein (Awika, J. M. & Rooney, L. W. 2004). Proses pada kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm pada tekanan 30 psia menghasilkan retentat dengan tanin berturut-turut sebesar 0,041, 0,037 dan 0,046 mg/mL sedangkan tanin yang lolos pada permeat berturut-turut sebesar 0,0546, 0,056 dan 0,059 mg/mL. Perlakuan proses dengan tekanan 40 psia dengan kecepatan putar yang sama juga menahan tanin dalam retentat berturut-turut sebesar 0,0416, 0,043 dan 0,033 mg/mL dan meloloskan tanin dalam permeat berturut-turut sebesar 0,037, 0,039 dan 0,038 mg/mL.

Secara keseluruhan proses pemekatan melalui sistem UF menggunakan membran UF 100000 MWCO meloloskan tanin lebih banyak pada permeat dari pada tertahan pada permukaan membran pada seluruh perlakuan kecepatan putar dimana tekanan 40 psia lebih mampu menahan dan meloloskan tanin dari pada tekanan 30 psia seperti yang diunjukkan pada Gambar 7. Tingkat kelolosan tinggi senyawa ini disebabkan berat molekulnya yang rendah, berkisar antara 200-600 Da (Liu, 2006) atau lebih kecil dari pada ukuran membran UF yang mampu menahan partikel dengan berat molekul >100000 Da. Telah diketahui bahan-bahan organik secara umum memiliki ukuran partikel berkisar antara 0,0004 – 0,0008  $\mu\text{m}$  (100 – 500 Dalton) (Karos, W.J. *et all*, 1996; Paulson, D.J, 1996) Proses pemekatan melalui UF sel berpengaduk ini pada kondisi optimum yaitu kecepatan putar pengaduk 400 rpm, tekanan proses 30 psia mampu mereduksi tannin dalam retentat sebesar 35,79%, namun meningkatkan tanin dalam permeat sebesar 12,88% dari feed (0,0514 % b.k) masing-masing menjadi menjadi 0,033% b.k (retentat) dan 0,059% b.k (permeat), sedangkan dengan tekanan proses 40 psia, kecepatan putar 400 rpm hanya mampu mereduksi tanin dalam retentat sebesar 10,5%, namun meningkatkan tanin dalam permeat sebesar 12,88% dari feed (0,0514% b.k) menjadi 0,046% b.k (retentat) dan 0,059% b.k (permeat). Meskipun demikian, konsentrasi tanin ini jauh dibawah batas minimum keamanan pangan (0,3-3%) (Anglani., 1998).

#### Total Padatan (%)

Total padatan merupakan akumulasi dari seluruh komponen hidrolisat (protein, lemak, karbohidrat, mineral, bahan-bahan organik dan lain-lain) baik terlarut maupun tidak terlarut yang menjadi parameter kinerja membran. Pemekatan hidrolisat dedak sorgum untuk perolehan SDF yang semakin meningkat pada tekanan operasi 30 dan 40



psia, kecepatan putar pengaduk 200, 300 dan 400 rpm melalui UF 100000 MWCO menghasilkan pemisahan yang sempurna dimana total padatan lebih banyak tertahan pada retentat dari pada lolos dalam permeat untuk seluruh perlakuan proses seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Dimungkinkan komponen dominan adalah selulosa sebagai serat tak larut (IDF), protein yang tak seluruhnya terhidrolisis oleh *Rhizopus* C<sub>1</sub> yang memiliki berat molekul >100000 MWCO sehingga tertahan pada permukaan membran. Sedangkan monosakarida dari dedak sorgum yang tak terhidrolisis (SDF/serat larut air) sebagai hemiselulosa diantaranya adalah D-xylan yaitu 1-4  $\beta$  xylosa, D-manan yaitu (1-4)  $\beta$ -D-mannosa, D-xyloglukan dan D-galactans yaitu 1-3  $\beta$ -D-galaktosa dan peptida-peptida hasil pemecahan protein dedak oleh aktifitas proteolitik *Rhizopus* C<sub>1</sub> yang memiliki berat molekul <100000 MWCO dimungkinkan akan lolos sebagai permeat. Proses pada kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm pada tekanan 30 psia menghasilkan retentat dengan total padatan berturut-turut sebesar 2,062, 1,923 dan 2,173% sedangkan total padatan yang lolos pada permeat berturut-turut sebesar 1,011, 1,015 dan 0,733%.

Perlakuan proses dengan tekanan 40 psia dengan kecepatan putar yang sama juga menahan total padatan dalam retentat berturut-turut sebesar 2,213, 1,802 dan 2,219 % dan meloloskan total padatan dalam permeat berturut-turut sebesar 0,928, 1,019 dan 0,996%. Tekanan proses 40 psia menghasilkan laju pemekatan total padatan pada retentat yang lebih tinggi (2,319%) dibandingkan dengan tekanan 30 psia, pada kecepatan putar 400 rpm, lebih tinggi bila dibandingkan pada tekanan 30 psia pada kecepatan putar pengaduk yang sama (2,173%). Diduga hal ini disebabkan perbedaan gaya dorong yang menyebabkan perbedaan kepadatan seluruh komponen pada permukaan membran. Pada kondisi optimum ini diketahui sistem UF mampu memekatkan total padatan dalam retentat sebesar 36,2% dibandingkan dengan konsentrasi total padatan dalam feed/umpan sebelum proses (1,4579%).

#### Gula reduksi (mg/mL)

Gula merupakan komponen yang menjadi parameter hidrolisis dedak sorgum berupa monosakarida sebagai hasil aktifitas amylolitik dari enzim  $\alpha$ -Amylase baik oleh Thermamyl 60L maupun dari kultur *Rhizopus* C<sub>1</sub>. Dalam presipitasi hidrolisat dengan etanol untuk memperoleh serat pangan, dimungkinkan suspensi ini masih mengandung sejumlah monosakarida sebagai gula reduksi. Proses pemekatan/pemisahan menggunakan UF sel berpengaduk dengan kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm pada tekanan 30 dan 40 psia, suhu ruang, menghasilkan gula reduksi yang tertahan lebih banyak pada retentat dari pada lolos dalam permeat pada seluruh perlakuan proses seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

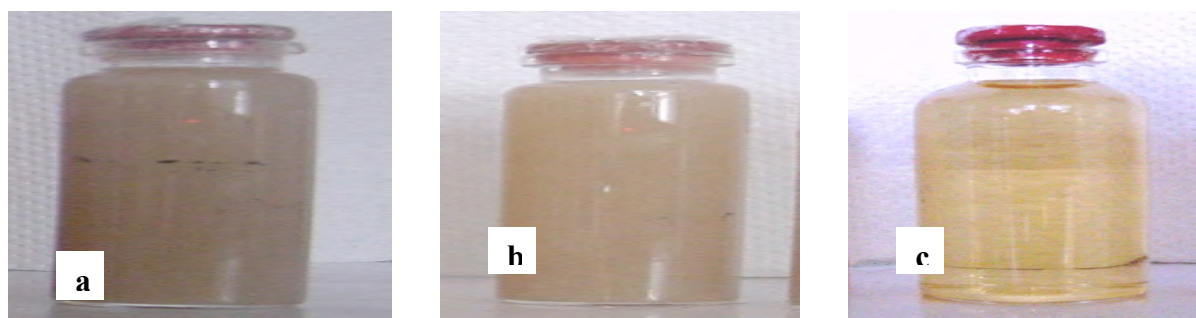
Proses pada kecepatan putar 200, 300 dan 400 rpm pada tekanan 30 psia menghasilkan retentat dengan gula reduksi berturut-turut sebesar 1,654, 1,476 dan 1,416% sedangkan gula reduksi yang lolos pada permeat berturut-turut sebesar 0,49, 0,462 dan 0,509%. Perlakuan proses dengan tekanan 40 psia dengan kecepatan putar yang sama juga menahan gula reduksi dalam retentat berturut-turut sebesar 1,357, 1,744 dan 2,606 % dan meloloskan gula reduksi dalam permeat berturut-turut sebesar 0,456, 0,506 dan 0,433%. Secara keseluruhan, sistem ultrafiltrasi dengan tekanan proses 40 psia menahan gula reduksi lebih banyak baik pada retentat maupun permeat dari pada tekanan proses 30 psia. Diduga dengan tekanan yang lebih tinggi (40 psia), gaya dorong juga akan lebih besar untuk semakin memadatkan partikel gula reduksi sehingga akan lebih memadatkan partikel gula dibandingkan dengan tekanan proses yang lebih rendah (30 psia) meskipun gula memiliki ukuran partikel berkisar 0,0008 – 0,001  $\mu$ m (200 – 400 Dalton) (Karos, W.J. *et al*, 1996; Paulson, D.J, 1996; Anonim, 2005).

Dari telaah pengaruh proses pemekatan hidrolisat dedak sorgum dalam etanol secara keseluruhan diketahui bahwa partikel hidrolisat yang telah terendapkan dengan etanol merupakan serat larut air (SDF) sebagai konsentrat yang dapat merupakan gula (xylosa, manan, galactosa) pada pada aleron sorgum, sedangkan permeat merupakan komponen-komponen hidrolisat dengan berat molekul <100000 MWCO diantaranya adalah peptida-peptida, bahan-bahan organik (fenol/tanin) dan gula-gula reduksi yang dimungkinkan berasal dari karbohidrat (pati) dedak sorgum. Gambar 10 memperlihatkan umpan (feed) hidrolisat dedak sorgum dalam etanol (a), retentat/konsentrat (b) dan permeat (c) dari perlakuan optimal berdasarkan SDF tertinggi (2,1575%b.k).

#### KESIMPULAN

Semakin tinggi kecepatan putar dan tekanan operasi akan meningkatkan komposisi retentat dan permeat namun menurunkan fluks permeat. Retentat memiliki komposisi yang lebih baik dari pada permeat.

Optimisasi proses pada masing-masing komponen dipengaruhi oleh interaksi kecepatan putar pengaduk, tekanan proses, sifat komponen, berat molekul dan ukuran partikelnya. Kondisi proses optimal berdasarkan SDF tertinggi dalam retentat dicapai pada kecepatan putar 300 rpm, tekanan 40 psia selama 30 menit proses dengan menghasilkan peningkatan SDF sebesar 60,52% dari feed (0,8519% berat kering) menjadi 2,158% (b.k).



Gambar 10. Umpan/Feed hidrolisat dedak sorgum dalam etanol (a), konsentrat sebagai serat larut air (SDF) (b) dan permeat sebagai ekstrak dedak sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) (c), hasil pemekatan/pemisahan hidrolisat dedak sorgum dalam etanol melalui ultrafiltrasi sel berpengaduk, menggunakan membran UF 100000 MWCO pada kondisi proses optimum (tekanan 40 psia, kecepatan putar pengaduk 300 rpm), selama 30 menit proses, suhu ruang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pejabat Pembuat Komitmen DIPA Balai Teknologi Proses dan Katalisis, Pusat Penelitian Kimia – LIPI atas diikutsertakan kegiatan ini di dalam DIPA Tahun Anggaran 2010, Yati Maryati, S.T dan Prof. Dr. Soeranto Human atas bantuan teknisnya sehingga kegiatan ini terlaksana dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2001. "The Definition of Dietary Fiber", American Association of Cereal Chemists, in Cereal Foods World 46: 112-126, [www.aaccnet.org/news/pdfs/DFDef.pdf](http://www.aaccnet.org/news/pdfs/DFDef.pdf).
- Anonim, 2002. Katalog dan Manual Stirred Ultrafiltration Cells, Amicon.
- Anonim. 2003. Tentang Serat Makanan, Gizi Net, Indonesia Nutrition Network, KQMIS 12
- Anonymous. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemistry, AOAC Inc., Washington D.C.
- Anonim. 2005. Membrane Technology For Process Industry, [http://www.pcims.com/images/TP\\_105.5us.pdf](http://www.pcims.com/images/TP_105.5us.pdf); PCI Membrane System Inc. Milford, USA.
- Awika, J.M. & Rooney, L.W. 2004, 'Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health', Phytochemistry, vol. 65, pp. 1199–1221.
- Cheryan, M. 1992. Membrane Technology in Food Bioprocessing, Didalam R. P. Singh dan M. A. Wirakartakusumah (eds.), Advances in Food Engineering, CRC Press Inc., Boca Ratan, Florida.
- C. Anglani. 1998. Sorghum carbohydrates - A review, Journal of Plant Foods for Human Nutrition 52 : 77 - 83, 1998. c, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands.
- Fellows, P. J. 1992. Food Processing Technology : Principles and Practices, Ellis Hordwood, New York.
- Human, S., 2006. Pemuliaan Tanaman Sorghum di PATIR-BATAN. <http://www.batan.go.id/patir/berita/pertanian/sorghum/sorghum.htm>.
- Iskandar, Y.M, et al, 2002., Pembuatan inokulum menggunakan isolat *Rhizopus C<sub>1</sub>* dan *Rhizopus C<sub>2</sub>* pada substrat campuran, Prosiding Seminar Nasional Tantangan Penelitian Kimia Dalam Era Biologi dan Super Informasi, Pusat Penelitian Kimia - LIPI, ISBN 979-9477-69-7, Jakarta, 17 September .
- Karos, W.J. , Ma, Y.H., Shimidzu, T. 1996. Terminology for Membranes and Membranes Processes (IUPAC Recommendations 1996). Pure & Appl. Che. 68: 1479-1489.
- Kulp, K. 1975. Carbohydrates. Di dalam: Reed, G. (ed.). Enzymes in Food Processing. Academic Press, New York.
- Liu, S. 2006. New Techniques for Tea Catechins Extraction. International Training Workshop of Tea Science, Hunan Agricultural University, Changsa, Hunan, P. R. China, 21 Juli - 10 Agustus.
- Linder, M. C. 2002. Biokimia Nutrisi dan Metabolisme, Aminuddin Parakkasi (Penerjemah), A. Y. Amwila (Pendamping), Penerbit Universitas Indonesia, hal. 51-56.
- Mulder, M. H. V. 1996. Basic Principles of Membrane Technology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Michael, A. S. 1989. Handbook of Industrial Membrane Technology, Noyes Publications, Park Ridge, U.S.A.
- Nagodawithana, T. 1994. Savory Flavors, in Alan G., Bioprocess, Fragrance and Color Ingredients, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Porsky, et all, 1998, Comparative Chemical Analysis of Fibre Material Prepared by Enzymatic and Chemical Methods from Two Mushrooms (*Pleoratus sajor-caju* and *Pleoratus tuber regium*) dalam Cheung, P.C.K and M.Y. Lee, J.Agriculture Food. Chem. 46; 4854-4857 .
- Paulson, D.J. 1995. Membranes, the Finest Filtration . By : Introductionto crossflow Membranes Technology.Published in Filtration News. [http://www.enviromentalexpert.com/articles/article\\_11/article\\_11.htm](http://www.enviromentalexpert.com/articles/article_11/article_11.htm).
- Raja Ghosh. 2003. Protein Bioseparation Using Ultrafiltration : Theory, Applications and New Developments, Imperial College Press, London, 105 – 109.
- Susilowati, A, dkk. 2010. Pengembangan Pangan Fungsional berbasis polisakarida dari sorgum (*Sorghum bicolor* L



Moench) untuk anti kolesterol, Laporan Hasil Penelitian, Program Tematik, Kedeputan IPT, Tahun Anggaran 2010, Pusat Penelitian Kimia - LIPI, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang.

Saba, W.J., W.H. Hale and Theurer. 1972. In vitro rumen fermentaton studies with a bird resistant sorghum grain. *Journal of Animal Science*. 35 (5): 1076-1082.